



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Raimond Press

JÄRVSELJA LEHISTE RADIAALKASVU VÕRDLUS JA
KLIIMAANALÜÜS
RADIAL GROWTH COMPARISON OF LARCH TREES IN
JÄRVSELJA AND CLIMATE ANALYSIS

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendaja: dotsent Maris Hordo, *PhD*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Raimond Press		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Järvelja lehiste radiaalkasvu võrdlus ja kliimaanalüüs			
Lehekülgi: 34	Jooniseid: 12	Tabeleid: 2	Lisasid: 1
Õppetool: ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Juhendaja(d): Kaitsmiskoht ja aasta:		Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool Metsandus B430 Dotsent Maris Hordo Tartu, 2021	
<p>Võõrliikide osakaal Eesti metsades on langustrendis, kuid samal ajal on kasvav vajadus kiirekasvuliste puuliikide ja puidu järele, et säästa elustikurikkaid ja sotsiaal-kultuuriliselt väärtuslike metsasid. Lehis on üks atraktiivsemaid võõrliike, mida on Eestis kasvatatud juba üle kaheksa aasta, kuid juurdekasvu on aastarõngaste põhjal tänaseni vähe uuritud. Samas on SA Järvelja Õppe- ja Katsemetskonda rajatud võõrliikide sh lehiste katsealasid, mis annab selleks head võimalused.</p> <p>Lõputöö eesmärgiks on analüüsida, millised faktorid (kasvukoht, puuliik ja ilmastik) avaldavad mõju lehiste radiaalkasvule. Töös uuritakse põllu- ja metsamaale istutatud lehiste juurdekasvu ning kliimanäitajate vahelist seost.</p> <p>Käesolevas lõputöös analüüsitud lehisepuude andmed pärinevad kokku 10 katsealalt, millest kuus ala asuvad endisel põllumaal, Agali arboreetumis ja neli katseala asuvad praegusel metsamaal. Puursüdamikud mõõdeti LINTAB mõõtmissüsteemil, indekseeriti ning koostati eri liikide kohta kronoloogiad. Andmetöötluseks kasutati korrelatsioon- ja dispersioonanalüüsi ning vabavara R.</p> <p>Uuritud puude andmete analüüsimisel dispersioonanalüüsil ei tuvastatud statistiliselt olulist erinevust keskmise radiaalkasvu vahel liigiti, samuti ei erinenud radiaalkasvu erinevates kasvukohtades. Kliimaanalüüsi (korrelatsioonanalüüs) tulemused näitasid, et sademete ja lehiste radiaalkasvu vahel on statistiliselt oluline positiivne seos. Sademed soodustavad radiaalkasvu nii metsa- kui endisel põllumaal. Agali arboreetumi lehiste juurdekasvule sademed statistiliselt olulist mõju ei avaldanud. Kliimanäitajate (temperatuur, sademed) soodustav ja ka limiteeriv mõju erinevatel perioodidel on lehiste radiaalkasvule selgelt tuvastatav.</p>			
Märksõnad: Agali arboreetum, juurdekasv, kliima, lehis			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Raimond Press		Curriculum: Forestry	
Title: Radial growth comparison of larch trees in Järvselja and climate analysis			
Pages: 34	Figures: 12	Tables: 2	Appendixes: 1
Chair:		Chair of Forest Management Planning and Wood Processing Technologies	
Field of research and (CERC S) code:		Forestry B430	
Supervisors:		Associate Professor Maris Hordo	
Place and date:		Tartu, 2021	
<p>Non-indigenous species growing in Estonia are in decline while there is a growing need for fast-growing tree species to fill the demand for wood and carbon sequestration; to protect biodiversity-rich and socio-culturally valuable forests. Larch is one of the most attractive foreign species that has been grown here for over 200 years, but so far the increment growth hasn't been studied sufficiently by using core samples. Järvselja Study and Experimental Forest Center and its larch stands offer great opportunities for that kind of research. The aspects influencing the growth of larches differ in many ways. The aim of the study was to analyse which factors (site, species and weather) influence the radial growth of larches. Stands located on previous arable and forest land are studied in this thesis. The analysed data was collected from 10 experimental plots, of which six areas are located on former agricultural land in Agali arboreetum and the other four are located on forest land. Increment cores were measured using LINTAB system, indexed and chronologies were modeled for every individual species. Data was analysed by using correlation and variance analyses to determine the relationships between chronologies and the effect of species and site to the radial increment of larches. The data was divided into three groups to determine the influence of weather in given sites. The results showed that there is no statistically significant influence to annual growth caused by species or site. Climate analysis showed that precipitation influenced growth positively on previously arable land and forest land. Precipitation did not have a significant effect on the radial growth in the Agali arboreetum. Climate (temperature and precipitation) has an identifiable, clearly visible effect on the increment growth of larches.</p>			
Keywords: Agali arboreetum, climate, larch, radial growth,			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. MATERJAL JA METOODIKA.....	9
1.1 Väli- ja labortööd	11
1.2 Ilmastiku andmed.....	13
1.3 Statistiline analüüs	13
2. TULEMUSED JA ARUTELU	15
2.1 Kronoloogiad	16
2.2 Kliimaanalüüs – lehiste radiaalkasvu ja ilmastikunäitajate vaheline seos.....	18
2.2.1 Metsamaa lehiste radiaalkasvu ja ilmastiku vaheline seos	18
2.2.2 Endise põllumaa lehiste radiaalkasvu ja ilmastiku vaheline seos.....	20
2.2.3 Agali arboreetumi lehiste radiaalkasvu ja ilmastiku vaheline seos	21
2.3. Arutelu	22
KOKKUVÕTE	25
KASUTATUD KIRJANDUS	28

SISSEJUHATUS

Okaspuudest on hariliku männi ja hariliku kuuse järel lehis Eestis üks atraktiivsemaid liike, mida nii metsakasvatustlikul kui ka haljastuslikul eesmärgil kasvatada. Lehiseid on hulgaliselt istutatud mitmetesse parkidesse ja rajatud arvukalt kultuure. Senised uuringud on kinnitanud, et Eesti kliima ja mullastik on osutunud lehiste jaoks üsnagi heaks kasvukeskkonnaks. Varasematest uurimistöödest (Sander, Meikar 2004) on teada, et alates 1765. aastast, mil kohustati riigimõisade rentnike jäät- ja põllumajanduslikult väheväärtuslikele maadele metsakülve rajama, pärinevad esimesed teated ka võõrpuuliikide kasvatamisest Eesti parkides. Lehisemetsakultuuride rajamisega Eestis tehti algust 19. sajandi algul, kui Vigala Hirveaeda kultiveeriti 1,8 ha suurune puistu. Lehisepuistute ulatuslikum kultiveerimine sai alguse peale teist maailmasõda, mil alustati sõja ning küüditamise tulemusel vabaks jäänud põllumaadele ka lehisekultuuride rajamisega. Perioodil 1947...1963.a. kultiveeriti lehist kokku 1912 ha. Peamiselt kasutati Siberi aladelt varutud seemnest kasvatatud istutusmaterjali, rahuldamiseks suurt nõudlust lehise seemnete järele. Nendel aastatel selgus ka massiline lehisevähi puhang, mis mõjutas ebasobiva seemne päritolu tõttu enim just neid samu siberi lehise puistuid. Selline asjade käik mõjutas negatiivselt ka lehiste edasist kasvatamist. Tänapäevani ei ole Eestis lehiste kasvatamise mahud endisele tasemele kerkinud. Varasemalt rajatud kultuuride hooldus jäi kultuuride intensiivsema kasvu ja võrde liitumise hetkel puudulikuks, mis põhjustas suure osa rajatud kultuuridest hukkumise. (Paves 2004)

Hardi Tulluse andmetel on lehist Eesti aladele istutatud kokku 5000 hektarile, millest 1500 on kasvanud elujõuliseks puistuks (Pau 2014). Teadaolevalt on riigimetsades ja Järvel seljal säilinud kokku 35 hektari jagu lehisepuistuid, millest kõrgeim kasvab Loodi Püstimäel Viljandimaal (Kasesalu 2002). 0,5 ha suurune puistu on rajatud 1820. aastal ning seal kõrgub üks Eesti kõrgeimaid puid, Euroopa lehis, mille tüvekõrguseks on mõõdetud 43,9 meetrit (Relve 2007). Järvel seljal alustati võõrpuuliikide kultiveerimisega 1880ndatel aastatel, mil istutati euroopa ja vene lehist metskonna parki ja ka metsamaadele. Esimesena kultiveeriti lehist 1887. aastal, kvartalis 224, kus tänapäevani kasvavad istutatud lehised kuuse ja kasega

segapuistus. Suurimate euroopa lehiste kõrgus ulatub antud kvartalis 41 meetrini ja rinnasdiameeter on 77 cm. Järgnevatel aastatel uuendati ja täiendati metsauuendusi kokku kümnel eraldisel, nii raiesmikel kui endistel põllumaadel. 1921. aastal loodi Andres Mathieseni juhtimisel Järvelja õppemetskond ja alustati taimlas muuhulgas ka lehiste kasvatamisega. Järgnevatel aastatel rajati samuti mitmeid puht- ja segakultuure, peamiselt kohalikust seemnest kasvatatud kultuure. Suuremahulisemalt hakati lehiseid kultiveerima 1964. aastal, kui endistele põllumaadele alustati seemneistanduse rajamisega. Kahe aasta jooksul istutati kokku 9,35 ha lehisekultuure. Alates 1945. aastast tänaseni on Järvelja aladele rajatud umbes 28 ha jagu lehisekultuure. 1969. aastast on ka Agali arboreetumisse rajatud mitmeid erinevate lehiseliikide puistuid, mis pakuvad jätkuvalt võimalusi lehiste kasvu Eesti tingimustes uurida (Kasesalu 1999a). Enam kui saja aasta jooksul on Järvelja katsealadel lehiste kasvu kohta kogutud hulgaliselt teadmisi ja koostatud mitmeid uuringuid (Kasesalu 1999b; Kasesalu, Kiviste 2001; Hordo et al 2015).

Taasiseseisvumisest alates on Eesti põllumajanduslik maakasutus oluliselt muutunud, vabastades suuri maa alasid (Tullus 2000). Võõrliikide osakaal Eesti metsades on langustrendis, kuid samal ajal on kasvav vajadus kiirekasvuliste puuliikide ja puidu järele (MAK 2030 aruanne). Metsanduse Arengukava 2030 aruandes rõhutatakse lühikese raieringiga istanduste rajamise olulisust, võimaldades mujal kasvavat elustikurikast ja kultuuriliselt väärtuslikku metsa hoida. Kuigi lehiseliikide edukaks kasvatamiseks tuleb järgida korrektseid kasvatusvõtteid (Paves 2004), pakub lehiste kasvatamine tänases keskkonna olukorras võimalusi efektiivseks ja pikaajaliseks süsiniku sidumiseks (MAK 2030 aruanne). Mets - loodusliku süsiniku sidujana on olulisel kohal täitmaks Euroopa Liidu süsiniku neutraalsus eesmärgi, suurendades täiendava süsiniku sidumist kliimamuutuste leevendamiseks (Euroopa Parlament 2021). Eesmärkide täitmiseks tuleb kõikide majandusharude teadmised ühendada. Süsiniku heitme vähendamisel on oluline arvesse võtta ka ehitamisel kasutatava materjali keskkonnamõju (Avi, Jaanisoo 2020). Lehisepuit on teistest kodumaistest puuliikidest väiksema niiskusuhtlusega ja seetõttu tunduvalt vastupidavam just niisketes oludes (Paves 2004). Seetõttu on lehisepuidul potentsiaal asendada ka näiteks betooni kohtades, kus on vajalik vastupidavus ilmastikule (Paves 2004), mis on ehitussektori üüratu süsinikujalajälje vähendamiseks äärmiselt oluline (Avi, Jaanisoo 2020).

Eesti lehisekultuuride takseerimisel on saadud muljetavaldavaid hektaritagavarasid. Vigala Hirveaia puistus aastatel 1921-1949 mõõdetud tagavarad varieeruvad erinevate mõõtjate puhul tugevalt, jäädes vahemiku 485 tm/ha kuni 1372 tm/ha (Paves 2007). Agali arboreetumi 32-aastases eurojaapani puistu tagavaraks on mõõdetud 516 tm/ha. Samuti on kiiret kasvu näidanud Sõe arboreetumisse rajatud katsekultuurid (Kasesalu 2001). Eurojaapani lehise puhul on tegemist kiirekasvulise euroopa ja jaapani lehise hübriidiga, mis on lisaks kiiremale kasvule ka immuunne ka lehisevähi vastu, mis on üheks peamiseks probleemkohaks lehiste kasvatamisel. Nii Agali arboreetumis kui ka Sõe arboreetumis on puistud näidanud juurdekasvu, mille puhul on eurojaapani lehiste kasv kohalikest okaspuuliikidest 2-3 korda kiirem. Lühike raiering, väärt puit ja suur tagavara pakuvad häid investeerimisvõimalusi. Mujal maailmas on eurojaapani lehiste puit hinnatud ja lühikese (20-30 aastase) raieringiga istandike rajamine on näiteks USA ja Kanada riiklikes kavades. (Erik 2012)

Võrdluses teiste puuliikidega on just lehisepuid on omadustelt suurepärase, et viia läbi erinevaid dendrokronoloogisi uuringuid, omades selgelt eristuvaid aastarõngaid, mis lihtsustab tööde teostamist.

Dendrokronoloogia kui teadusharu põhineb puittaimede aastarõngaste dateerimise ja muu saadava informatsiooni analüüsimisel ja uurimisel ning leiab kasutust nii metsanduslike kui ka ajalooliste küsimuste lahendamisel (Hordo, Metslaid 2019). Juurdekasvu puuri võttis metsateadlane Paul Reim esimesena Eestis kasutusele juba 1920. aastal, kui hindas Misso metsandikus asuva Pikk-kuuse vanust. Enda diplomitöö käigus uuris Reim ka tamme vora suuruse ja juurdekasvu vahelist seost. (Sander 2021) Dendrokronoloogiliste uuringutega alustas Eestis esimesena arhitekt Kalvi Aluve 1970ndate aastate algul, uurides Lääne-Eesti puithoonete konstruktsioone. Peatselt asus dendrokronoloogilisi uuringuid läbi viima ka Alar Läänelaid, uurides rabades kasvavate mändide puursüdamike (Läänelaid 2002).

Dendrokronoloogisi uurimusi on Eestis ajamahukuse ja keerukuse tõttu jätkuvalt vähe tehtud. Puude aastarõngaste mõõtmine võimaldab hinnata puu juurdekasvu mõjutavaid faktoreid ja ka puu vanust. Lehiste puidul on aastarõngad hästi nähtavad ja need võimaldavad seetõttu hõlpsasti puursüdamikelt juurdekasvude mõõtmist (Hordo et al 2015). Lehiste kohta on viimastel aastakümnetel Eestis ja naabermaades tehtud mitmeid dendrokronoloogilisi uurimusi. Alar Läänelaid ja Heldur Sander uurisid 2007. aastal Eestis kasvavate eurojaapani-lehiste vanuseid ning avastasid, et vanimad hübriidid olid seni arvatustunduvalt vanemad. Mõõdetud puud osutusid teadaolevalt vanimateks säilinud eurojaapani

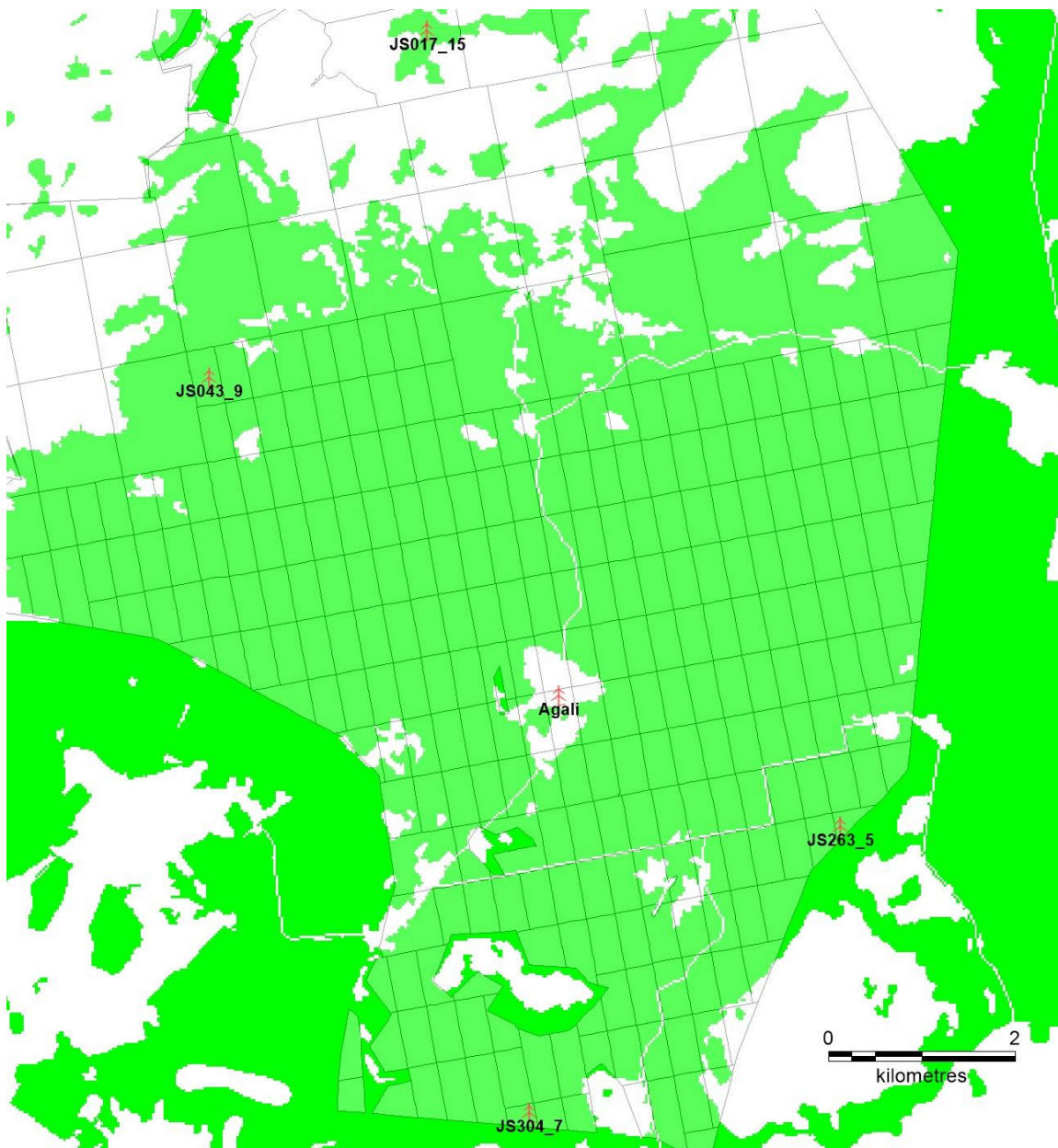
lehisteks maailmas, andes seeläbi alust arvata, et jaapani lehised on Euroopasse toodud juba 18. sajandi keskpaigas (Läänelaid, Sander 2006). Lätis (Jansons et al. 2016) on uuritud kohalike ja võõrpuuliikide sh lehiste aastaseid juurdekasve mõjutavaid faktoreid. Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna lehisepuistute juurdekasvu ja kliima mõju juurdekasvule on uurinud (Kannimäe 2015; Hordo et al 2015) ja on tõstatanud ka vajaduse uurida kasvukoha mõju juurdekasvule. Juurdekasv võib kasvukohast sõltuvalt tugevasti erineda (Läänelaid 2017).

Agali arboreetumis kasvavatelt lehistelt pole varasemalt puursüdamike uurimiseks kogutud, seetõttu on kogutud andmetest kasu ka edaspidistes võrdlustes ja töödes. Arboreetumi puistud pakuvad häid võimalusi võõrpuuliikide nagu lehised juurdekasvude ja neid mõjutavate tegurite hindamiseks, sest puud kasvavad sarnases mullastikus ja on mõjutatud sarnastest ilmastikuoludest (Kasesalu 1999a).

Lõputöö eesmärgiks on analüüsida, millised faktorid (kasvukoht, puuliik ja ilmastik) avaldavad mõju lehiste radiaaljuurdekasvule. Töös võrreldakse põllu- ja metsamaale istutatud lehiste juurdekasvu.

1. MATERJAL JA METOODIKA

Käesolevas lõputöös kasutatud andmed on kogutud SA Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnast Agali arboreetumist lõputöö autori poolt ja projekti „Lehisepuistute kasvukäik ja majandamine Järveljal“ raames. Joonisel 1. on välja toodud uuritavate lehisepuistute asukohad Järvelja piirkonnas.



Joonis 1. Proovitükkide asukohad Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas

Agali arboreetum rajamisega alustati 1968. aastal Endel Laasi initsiatiivil. Arboreetum (Lisa 1-3) on rajatud endise Nursi talu põllumaadele, peamiselt üliõpilaste õppepraktikate tulemusena. Arboreetum on jaotatud 20x30 meetristeks puistuteks (joonis 2), eesmärgiga katsetada introductseeritud puuliikide sobivust Ida-Eesti tingimustes. Arboreetumi reljeef on küllaltki tasane, läänepool on mullastik savine ning tunduvalt niiskem kui idapoolses liivases osas. Arboreetumis on paljud lehise isendid hübriidsed, seda suure tõenäosusega siberi lehise tolmuga tolmlemise tulemusena (Kasesalu 1999a). Lisas 1 on toodud fotod Agali arboreetumist, mis pärinevad autori erakogust.



Joonis 2. Agali arboreetumi plaan (Agali arboreetumi infotahvel 2021). Proovialade kirjeldused ja puuliigid on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Agali arboreetumi prooviala takseerikirjeldus ja andmed (Kasesalu 1999b)

Agali	Kood	Nr. plaanil	Liik	Rajatud	D (cm)	H (m)	Ar. Arv	Vanus	Proovide arv
	A1	57	Hübriid	Põllumaa	36,23	26,25	43	-	5
	B2	55	Olga	Põllumaa	34,74	28,50	42	43	5
	C3	2	Kuriili	Põllumaa	31,62	23,72	45	53	5
	D4	8	Gmelini	Põllumaa	34,45	28,08	43	48	5
	E5	7	Eurojaapan	Põllumaa	38,31	29,76	46	53	5
	F6	6	Vene	Põllumaa	33,71	28,00	48	53	5

D – keskmine rinnasdiameeter (cm), H – keskmine kõrgus (m), Ar. Arv – keskmine aastarõngaste arv proovidel

Tabel 2. Metsamaal kasvavate katsealade takseerandmed (Kasesalu 1999b; Metsaregister 2016)

Katsealad	Kood	Kvartal	Liik	Rajatud	D (cm)	H (m)	Ar. Arv	Vanus	Proovide arv	Kkt
	G7	JS304	Euroopa	Metsamaa	37,9	35	65	81	9	Jk
	H8	JS043	Vene	Põllumaa	53,2	33	99	118	10	Jk
	I9	JS263	Kuriili	Metsamaa	36,7	29	80	88	10	Ms
	J1	JS017	Hübriid	Põllumaa	37,5	32	62	64	10	Jk

D – keskmine rinnasdiameeter (cm), H – keskmine kõrgus (m), Ar. Arv – keskmine aastarõngaste arv, Kkt – kasvukohatüüp

Tabelites 1 ja 2 on esitatud töös kasutatavate katsealade lehisepuistute kohta käiv informatsioon. Tabelis 1 on näha, et Agali arboreetumis, on puurproovid kuuest erinevast katseruudust (vastavalt 57, 55, 2, 8, 7 ja 6), et oleks võimalik võrrelda erinevate liikide aastast radiaalkasvu. Võrdlusmaterjaliks valiti välja ka neli katseala metsamaalt (tabel 2), et võrrelda eriliikide ja kasvukoha mõju aastasele juurdekasvule võrreldes Agali arboreetumis kasvavate lehistega.

Järveljal on erinevatesse kasvukohatüüpidesse rajatud lehise katsealasid alates 20. sajandi algusest (Paves 2004, Kasesalu 1999b). Seega valitud alade puursüdamike andmeid kasutatakse edasises analüüsis ja grupeeritakse (alade kaupa, puuliigiti, kasvukoht, vanus) vastavalt analüüsi tulemustele.

1.1 Väli- ja labortööd

Töös on kasutatud eelnevate uurimuste käigus välja töötatud metoodikat (Hordo et al. 2015). Välitööde käigus koguti Agali arboreetumist kuue erineva lehiseliigi puistutest puursüdamikud, et oleks võimalik võrrelda liigiti puude radiaalkasvu. Igas puistus koguti puursüdamikud viielt juhuslikult valitud puult, mis olid visuaalselt terved ja elujõulisemad. Igalt puult koguti kaks proovi (A ja B suunas), võimalusel läbi säsi ühe puurimisega. Kui puu diameeter ületas juurdekasvupuuri pikkust või puurimine ebaõnnestus muudel põhjustel, tehti puurimisi mitu. Kõik puurproovid võeti rinnaskõrguselt 1,3 meetri kõrguselt ja paigutati seejärel joogikõrtesse ja nummerdati, et hiljem oleks võimalik tuvastada, millise puuga on tegemist. Välitööd teostati koos juhendajaga 16. novembril 2020. Lisaks mõõdeti iga proovipuud kõrgus m (Haglöf Vertex kõrgus-kaugusmõõdja) ja klupiga diameeter cm.

Võrdluseks Agali arboreetumi andmega kasutatavad andmed (metsamaalt) koguti samuti juurdekasvupuuri kasutades. Andmed koguti neljast erinevat liiki lehise puistust Järvelja

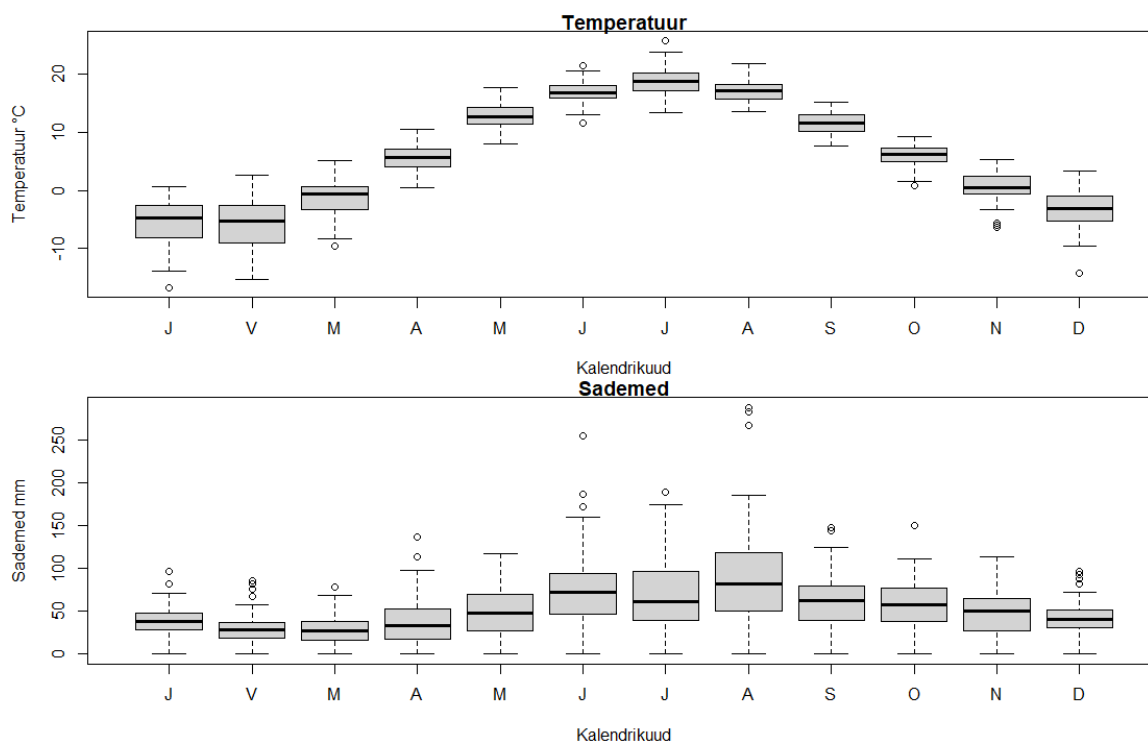
Õppe- ja Katsemetskonnast, projekti „Lehisepuistute kasvukäik ja majandamine Järveljal“ raames 2015 aasta sügisel juhendaja Maris Hordo ja nooremteadur Vivika Kängsepa poolt. Seejärel teostati ettevalmistus- ja mõõtmistööd dendrokronoloogia laboris, Metsamajas. Nende alade kohta käivad andmed on toodud tabelis 2. Võrdlusalad valiti sellised, kus on teada liik, et liigilist võrdlust teostada ning eri kasvukohtadest, et analüüsida kasvukoha mõju liigiti.

Välitööde käigus kogutud puursüdamikud liimiti kahe kaupa soontega alustele. Seejärel lihviti proovid lintlihvijaga siledaks, kasutades erineva jämedusega lihvpabereid. Lihvimise eesmärgiks on muuta aastarõngad proovil paremini nähtavaks. Aastarõngaste laiused mõõdeti LINTAB mõõtmissüsteemi kasutades 0,01 mm täpsusega. LINTAB koosneb manuaalselt liigutatavast mõõtmislavast, mis on ühendatud mikroskoobi ja arvutiga. Paraleelselt kasutati mõõtmisandmete haldamiseks ja esmaseks visuaalseks analüüsiks TSAPwin tarkvara (Rinntech 2021).

Andmete kvaliteedi kontrollimiseks kasutati COFECHA tarkvara (Grissino-Mayer 2001), mis kasutab ristdateerimist, et tuua esile võimalikud vead mõõtmistes ja dateerimises. Ristdateerimine on mitmete aastarõngaste laiuste aegridade kõrvutamine, eesmärgiga teha kindlaks aastarõnga tekke aasta (Hordo 2019). Kui andmed on ristdateeritud ja valmis kasutamiseks, siis selleks, et saaks ilmastikumõju analüüsida tuleb andmeseeriad indekseerida, et kõrvaldada näiteks vanuse mõju puursüdamike andmeseeriast. Indekseeritud rea ehk juurdekasvukronoloogia saamiseks valitakse mingi statistiline meetod või mudel, et detrendida olemasolevad puursüdamike andmeseeriad. Antud töös kasutati R'i (R Core Team 2021) vabavara paketti *dplR*'is (Bunn et al 2021) spline mudelit, mis on Hordo et al (2015) poolt testitud ja sobilik lehiste detrendimiseks. Seega detrendimismudeliga arvutatud teoreetilise iga-aastased juurdekasvud jagatakse mõõdetud puude iga-aastaste juurdekasvudega ning saadakse juurdekasvukronoloogia ehk indekseeritud juurdekasvurida, nii liikide/katselade kui ka kasvukohtade kaupa.

1.2 Ilmastiku andmed

Lõputöös kasutatavad kliimaandmed on mõõdetud Järvelja ilmaseirepunktist ja on saadud juhendajalt. Vaatlusaluseks perioodiks on ajavahemik 1956-2018, seega kattuv periood olemasolevate puursüdamike andmetega.



Joonis 3. Järvelja kliimaandmed vahemikus 1956-2018

Joonisel 3 on näha vastava perioodi sademete ja temperatuuride vahemikud, kuude lõikes tähistatuna kuu nime algustähega. Andmetest nähtub, et vaadeldaval perioodil on kõige soojemad kui ka sademeterohkemad suvekuud (juuni, juuli, august). Kõige külmemad kuud on jaanuar ja veebruar, sademete hulk on madalaim märtsis.

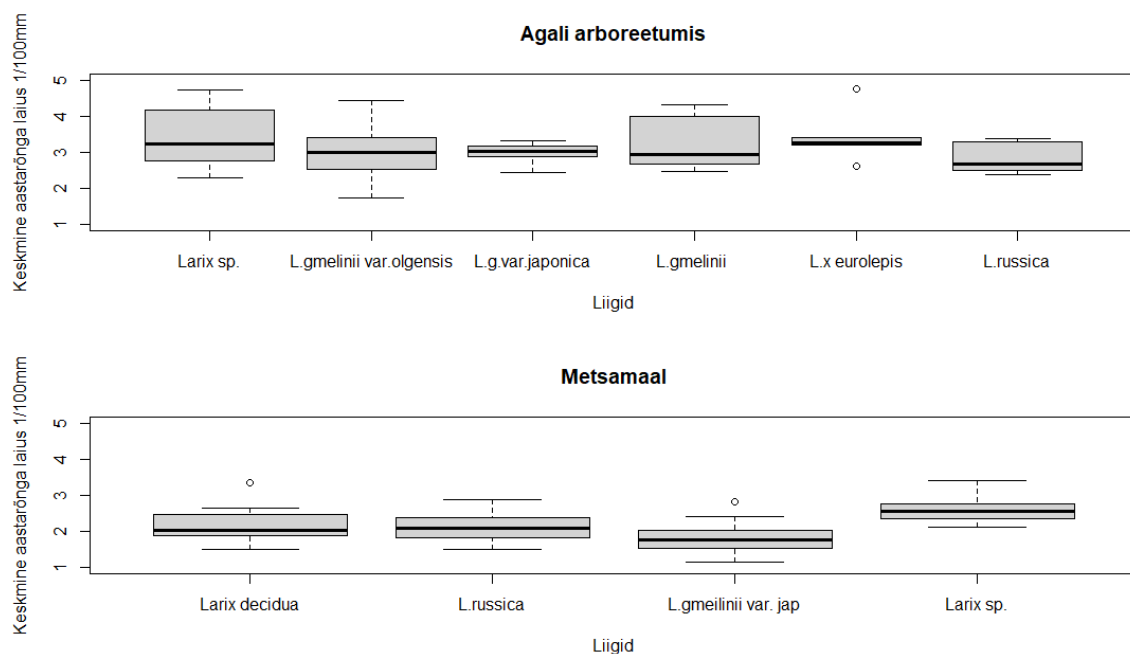
1.3 Statistiline analüüs

Andmeanalüüs viidi läbi vabavaras R (R Core Team 2021). Töös kasutati järgmisi analüüsimeetodeid: indekseerimine / kronoloogiate koostamine (puursüdamike andmeil), korrelatsioonanalüüs (mitmete tunnuste vahelise seose tugevuse leidmiseks, korrelatsioonimaatriks, korrelatsioonikordajad), dispersioonanalüüs ja kovariatsioonanalüüs

(tunnuste vahelise sõltuvuse leidmiseks) ning R'i paketiga *treeclim* (Zang, Biondi 2020) leiti puude juurdekasvu ja ilmastiku vahelised seosed (korrelatsioonanalüüs). Mitme grupi keskmiste võrdlemiseks kasutatakse dispersioonanalüüsi, mille tunnused jagunevad uuritavaks ehk funktsioontunnuseks ja faktortunnusteks ehk diskreetne tunnus. Dispersioonanalüüsi käigus selgitatakse välja faktortunnuse mõju funktsioontunnusele (Kaart, Vallas 2015). Andmeanalüüsis kasutati kokkulangevate aastate andmetel koostatud aegridasid. Agali arboreetumist kogutud andmete puhul oli selleks vahemikuks 1977-2020 ning võrdlusmaterjalina kasutatavate andmete vahemik oli 1953-2014. Vanuse mõju aastarõngaste radiaalkasvule eemaldati kronoloogiate standardiseerimise tulemusena.

2. TULEMUSED JA ARUTELU

Käesolevas lõputöös analüüsitud lehisepuude andmed pärinevad kokku 10 katsealalt, millest kuus ala asuvad endisel põllumaal Agali arboreetumis ja ülejäänud neli katseala asuvad praegusel metsamaal. Arhiivimaterjalist on teada, et ka neist kaks ala on algselt rajatud endisele põllumaale. Kokku on töös analüüsitud 69 lehise puursüdamikku.

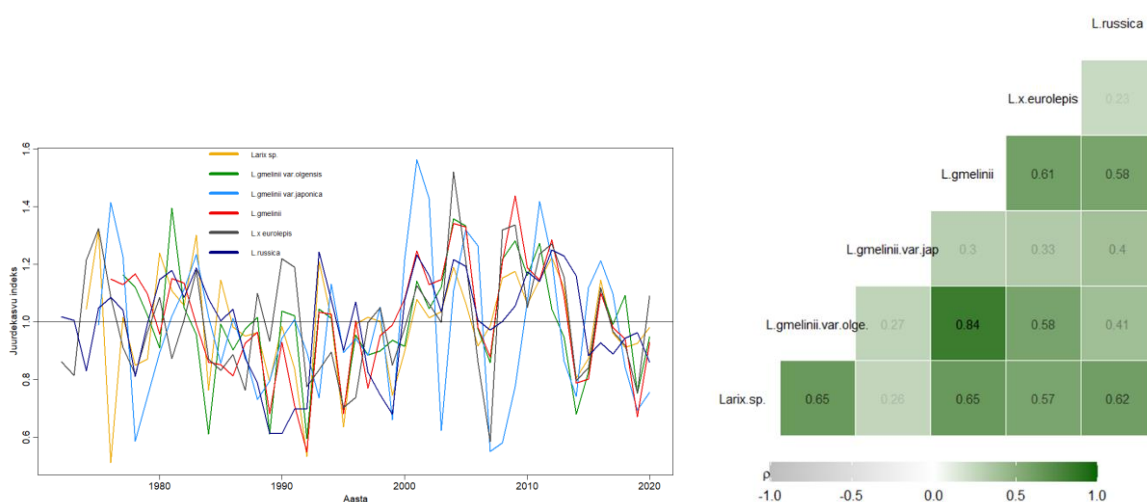


Joonis 4. Agali arboreetumis ja metsamaal asuvate lehise alade keskmised aastarõngaste laiused liigiti

Joonisel 4 toodud karpdiagrammidel, on liigiti näha 10 katseala radiaalkasvude varieeruvused. Agali arboreetumis kasvavate puude keskmised aastarõngad on laiemad (veidi üle 3 mm) võrreldes alumisel joonisel esitatud liikidega. Puud on valitud analüüsiks juhuslikult (visuaalselt terved ja domineerivad). Samas on näha joonisel 4, et hübriidlehiste kasv nii põllu- kui metsamaal veidi suurem kui teistel liikidel. Suurimad varieeruvused kasvus on Agali arboreetumis.

2.1 Kronoloogiad

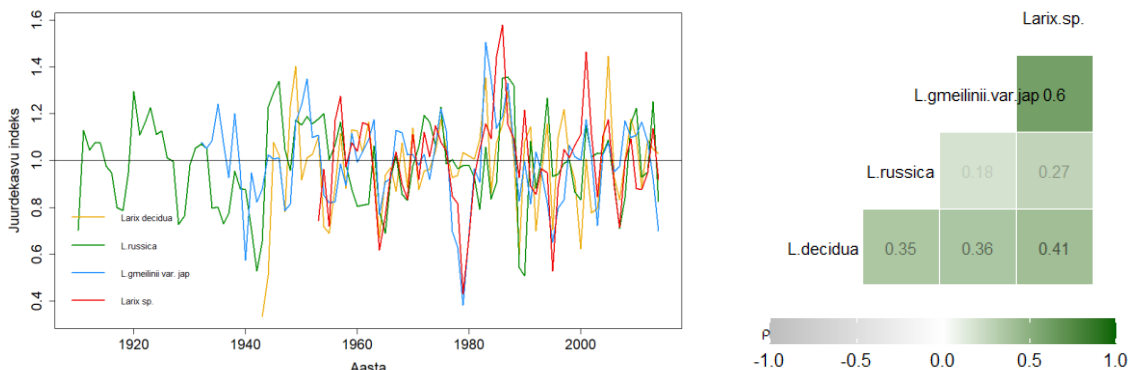
Lõputöös kasutatavate puude vanuseline jaotus puursüdamike aastarõngaste arvu põhjal ja takseerandmetel on toodud tabelis 1 ja 2. Agali arboreetumis kasvavate puude vanus on võrdlemisi sarnane jäädes 42...48 aasta vahemiku. Metsamaal kasvavate puude vanused on kõrgemad ja erinevad üksteisest suuresti (64...118). Agali arboreetumis kasvanud puudel on aastarõngaste laiused märgatavalt suuremad, kuid see võib olla põhjustatud metsamaal kasvavate puistute suuremast vanusest ja sellest põhjustatud aeglasemast kasvust. Seega saame hea ülevaate jooniselt 4, kuidas aastarõngaste laiused liigiti varieeruvad. Selleks, et analüüsida liigi või kasvukoha mõju radiaalkasvule, indekseeriti mõõtmisseriesid ehk koostati iga ala kohta juurdekasvukronoloogiad (joonis 5 ja 6). Dendrokronoloogias kasutatakse aegridade standardiseerimist, et eemaldada aegridadest erinevad ökoloogilised ja bioloogilised mõjutused nagu näiteks vanuse mõju või häiringud puu kasvus (Hordo 2019a).



Joonis 5. Agali arboreetumi puistute juurdekasvuindeksid puuliigiti ja paremal korrelatsioonimaatriks juurdekasvu indeksite vahel

Joonistel 5 ja 6 on kujutatud juurdekasvu indeksite aegread ehk kronoloogiad (vasakul) ja puuliikide vaheliste kronoloogiate seoste tugevust kirjeldav korrelatsioonimaatriks (paremal). Agali arboreetumi liikide kronoloogiates (joonis 5) esineb suuremal määral erinevusi, sest aegrida on lühem. Statistiliselt oluliseks ($p < 0,05$) võib lugeda korrelatsioonialalüüsi tulemust, kus juurdekasvuindeksite vaheline korrelatsioonikordaja on 0,3 või kõrgem. Paljude uuritavate lehise liikide ja nende juurdekasvu indeksite vahel on keskmise tugevusega (korrelatsioonikordaja vahemikus 0,3-0,7) statistiline seos nagu näiteks hübriid- ja Olga lehiste, hübriid- ja Gmelini lehiste vahel. Neljal juhul jäi korrelatsioonikordaja alla 0,3 (nõrk seos), seega

võib väita, et nende Agali arboreetumis uuritud lehiseliikide kasv on vaadeldaval perioodil erinev ja seda võivad mõjutada väga erinevad faktorid nagu ilmastik, päritolu, haigused jm häiringud.



Joonis 6. Katsealad metsamaal, liigiti on juurdekasvuindeksid vasakul ja paremal korrelatsioonimaatriks juurdekasvuindeksite vahel.

Indeksseeriad on joonisel 6 pikemad, sest tegemist on vanemate puistutega, kuid indeksseeriade korrelatsiooniks kasutatakse kattuvat vaatlusperioodi. Keskmise tugevusega korrelatsioon (korrelatsioonikordaja 0,3-0,7) on nende puistute puhul nelja lehiseliigi vahel. Statistiliselt keskmise tugevusega seos on kuriili ja hübriidsete lehisepuistute juurdekasvu indeksite vahel. Vene lehisepuistute puhul jäi seos nõrgaks nii Kuriili kui ka hübriid lehisepuistute juurdekasvu indeksite vahel. Jooniselt 6 võib välja lugeda, et kõige vähem sarnaneb juurdekasv teiste uuritud liikidega kuriili lehisepuistutega.

Selleks, et uurida, kas antud andmeil ilmneb liigi või kasvukoha mõju radiaalkasvule tehti dispersioonanalüüs. Analüüsiks jagati olemasolevad katsealad kolme gruppi: põllumaa (Agali), metsamaa vastavalt endine põllumaa (rajamise hetkel) ja metsamaa. Teistest puuliikidest enam varieerus juurdekasv hübriidlehisepuistutega, kuid analüüsiga ei tuvastatud statistiliselt olulist erinevust keskmisele juurdekasvule ei liigiti ega kasvukohati. Seega analüüsitud alade puude radiaalkasvu võime pidada suhteliselt ühetaoliseks või sarnaseks, kuna statistiliselt olulist erinevust hetkel ei ilmnenud, kuid see ei tähenda seda, et seda ei ole. Suurem andmestik ja pikemad andmeseeriad võimaldavad saada usaldusväärsemaid hinnanguid otsuste tegemiseks.

Erinevusi on näha mõlemas koostatud kronoloogias. Erinevused kronoloogiates on põhjustatud kasvu mõjutavatest teguritest, mida suuremat osa aegriidade lahknevusest me seletada oskame, seda paremini oleme võimelised ka rakendama kasvatuslike võtteid. Suurimat sarnasust omavahelistes kronoloogiates näitavad kuriili ja olga lehisepuistutega (joonis 5)

mis võib olla tingitud sarnasest looduslikust areaalist, tuues kaasa sarnaseid mõjutusi mõlema puuliigi kasvukäigule.

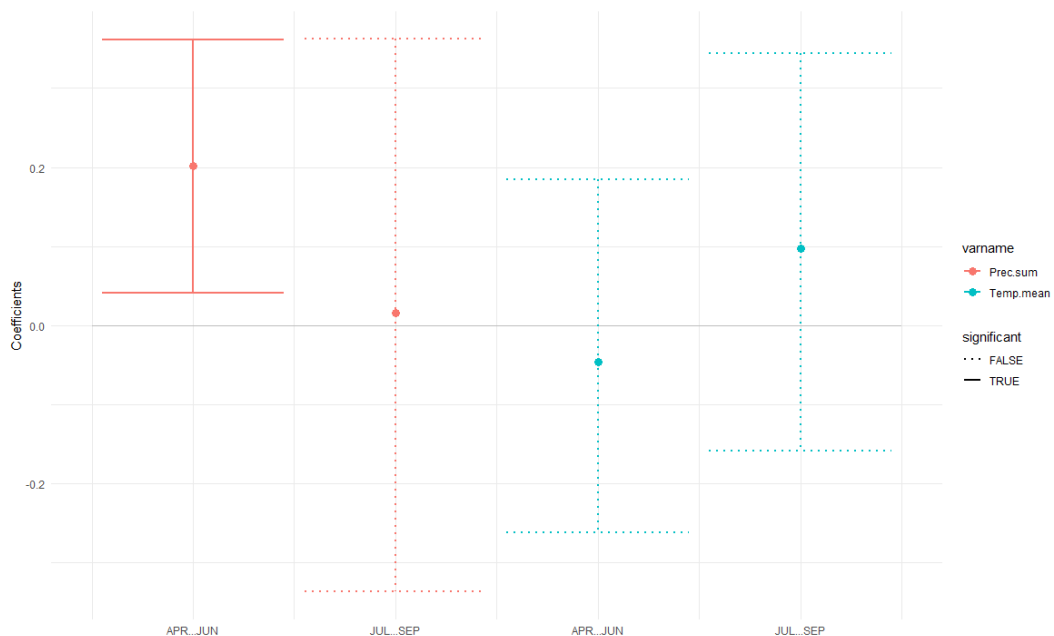
Kasvukohtade ja vanuse mõju lehise radiaalkasvule ei ole täpselt ja põhjalikult Eestis uuritud. Küll on aga pea kaheksa aastasest lehiste kasvatamise kogemusest teada, et lehised kasvavad paremini viljakatel kasvukohtadel, kus ei ole ohtu liigniiskusele. Enamik rajatud kultuure asub jänesekapsa kasvukohatüübis, mis on lehiste kasvuks ka kõige sobilikumad. Erinevalt teistest lehiseliikidest on kuriili lehis näidanud head kasvu ka mustika kasvukohatüübis, kus suudab võistelda ka kohalike liikidega. Lehistele suure valgusnõudlikuse tõttu on heaks kasvuks määrava tähtsusega kultuuride õigeaegne hooldus, eriti noores eas kui juurdekasv on suur. (Paves 2004)

2.2 Kliimaanalüüs – lehiste radiaalkasvu ja ilmastikunäitajate vaheline seos

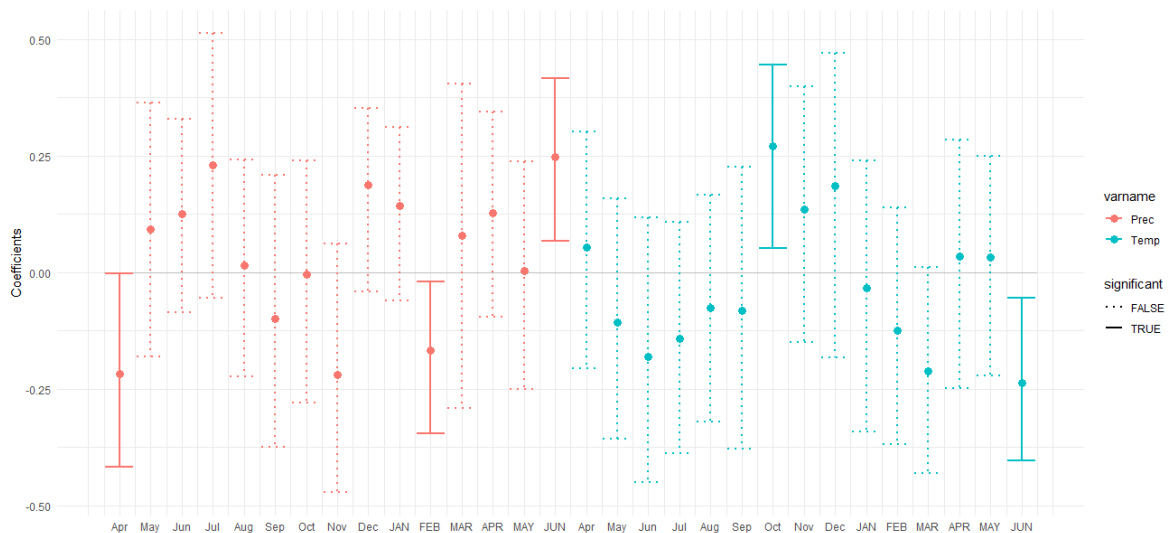
Teatavasti on ilmastik üks olulisemaid faktoreid, mis mõjutab üldiselt nii puude kõrgust kui ka diameetrikasvu (Danek et al 2018). Sõltuvalt päritolust, kasvukohast, liigist võib erivanuses metsapõlvkonnale ilmastikul eri perioodidel olla väga erinev mõju radiaalkasvule. Näiteks on ka Eestis uuritud erinevate metsapõlvkondade kasvu (Metslaid et al 2011), küll männi kohta, kuid seda on kinnitanud ka naabermaade metsateadlaste uuringud (Salminen et al 2009). Antud töös jagati puurproovide andmed kolme gruppi, et siiski kasvukoha järgi analüüsida ilmastiku mõju radiaalkasvule. Ilmastiku mõju analüüsimiseks tehti korrelatsioonanalüüs ja koostati joonised.

2.2.1 Metsamaa lehiste radiaalkasvu ja ilmastiku vaheline seos

Joonisel 7 on näha, et sademed vegetatsiooniperioodi I poolel (aprill-juuni) ja lehiste radiaalkasvul on statistiliselt oluline positiivne seos. Sellest saab järeldada, et sademed



Joonis 7. Kliimanäitajate mõju radiaalkasvule (Prec.sum – sademete summa kasvuaasta aprill kuni juuni, juuli kuni september; Temp.mean – keskmine temperatuur aprill kuni juuni, juuli kuni september).

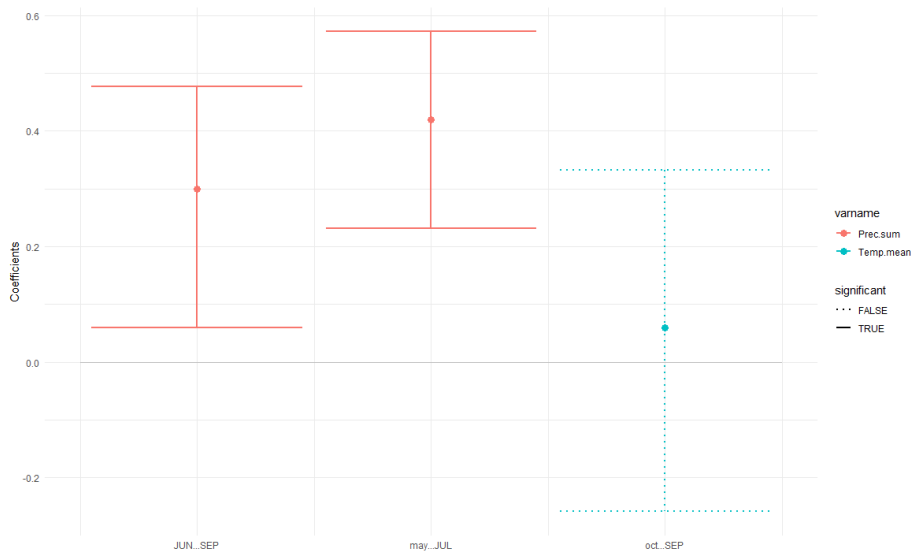


Joonis 8. Kliimanäitajate mõju lehiste radiaalkasvule kasvuaastal ja sellele eelneval aastal (Prec – sademete summad mm; Temp – keskmised temperatuurid °C kuukaupa).

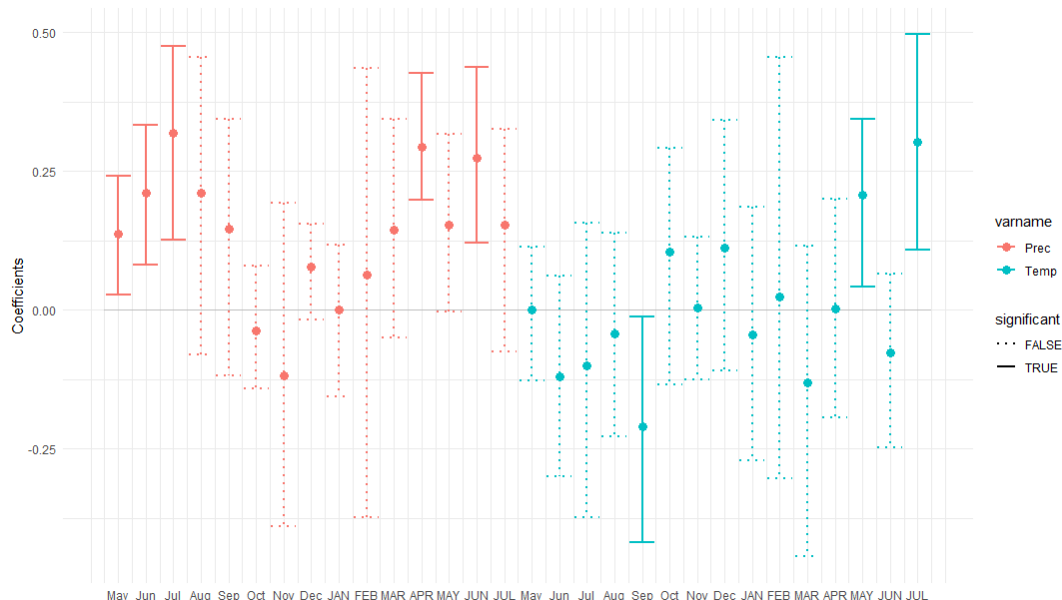
Joonisel 8 on näha, et statistiliselt oluline negatiivne seos on radiaalkasvu ja eelneva kasvuaasta aprillikuu ja veebruari sademetega, kuid positiivne seos on juunikuul sademetega. Kasvuaastale eelneva oktoobrikuul temperatuur avaldas statistiliselt positiivset mõju juurdekasvule (joonis 8).

2.2.2 Endise põllumaa lehiste radiaalkasvu ja ilmastiku vaheline seos

Joonisel 9 on näha, et kasvule eelneval aastal on positiivselt mõjunud sademed ajavahemikus mai kuni juuli. Sademete oluline mõju vältab põllumaal kasvuaastale eelneva aasta mai kuust kuni kasvuaasta juulini (joonis 9).



Joonis 9. Kliimanäitajate mõju radiaalkasvule (Prec.sum – sademete summa kasvuperioodil: Juuni kuni September ja Mai kuni Juuli; Temp.mean – aasta keskmine temperatuur: oktoober kuni September)

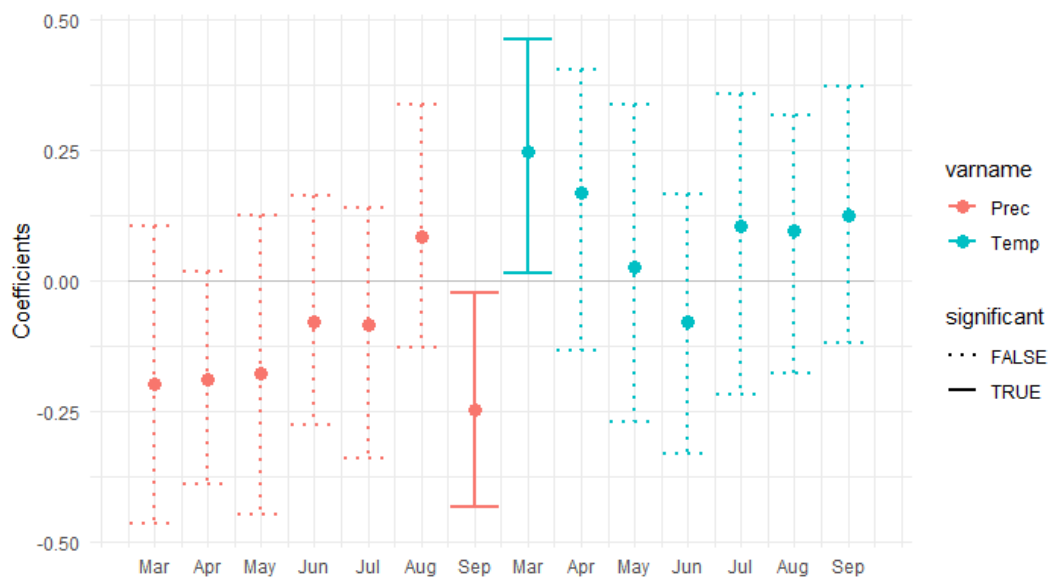


Joonis 10. Kliimanäitajate mõju radiaalkasvule kalendrikuude kaupa (Prec – eelneva kasvuaasta mai kuni kasvuaasta juuli sademete summa mm; Temp – eelneva kasvuaasta mai kuni kasvuaasta juuli sademete keskmine temperatuur °C).

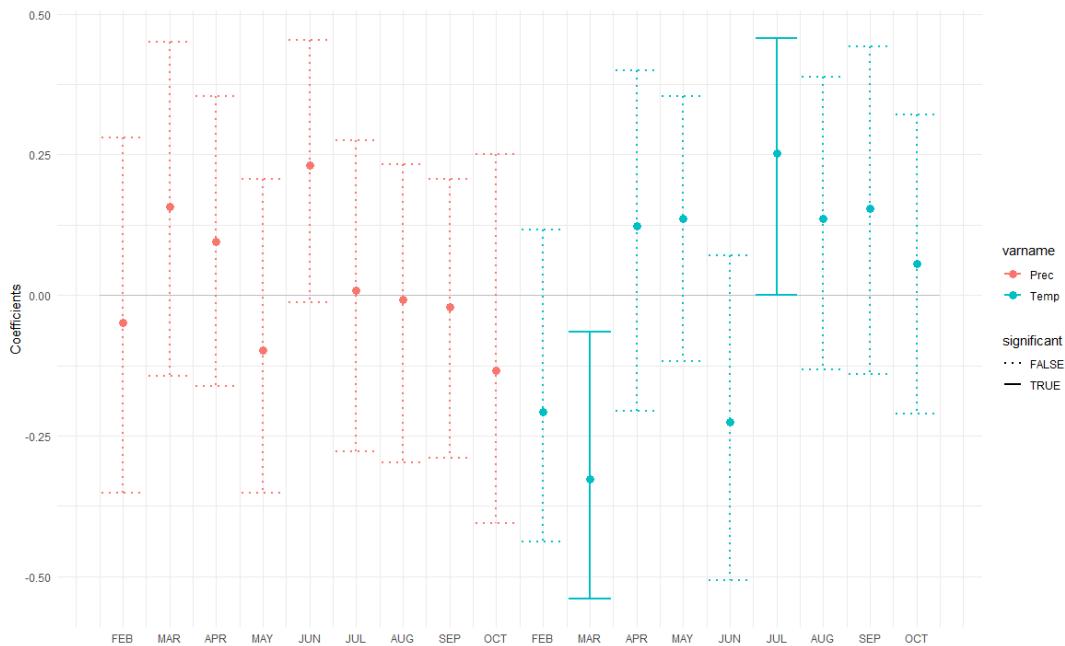
Joonisel 10 on näha, et statistiliselt positiivselt oluliseks on osutunud kasvuaasta aprilli- ja juunikuu sademete hulk, mai ja juuli temperatuur. Lisaks avaldavad ka kasvuaastale eelneva aasta mai, juuni, juuli sademed puude juurdekasvule positiivset mõju. Negatiivset mõju avaldab kasvuaastale eelneva aasta septembri temperatuur.

2.2.3 Agali arboreetumi lehiste radiaalkasvu ja ilmastiku vaheline seos

Agali arboreetumis kasvavate lehiste juurdekasvu mõjutavad (joonis 11) negatiivselt kasvuaastale eelneva aasta septembrikuu sademed. Positiivselt on mõjunud märtsi temperatuur. Joonisel 12 on esitatud kasvuaastal juurdekasvu mõjutavad tegurid, positiivselt mõjutab juulikuu temperatuur ja negatiivselt mõjutab juurdekasvu märtsikuu temperatuur.



Joonis 11. Kasvule eelneva aasta kliimanäitajate mõju juurdekasvule (Prec – kuukaupa sademete summad mm; Temp – kuukaupa keskmised temperatuurid °C)



Joonis 12. Kasvuaasta kliimanäitajate mõju juurdekasvule (Prec – kuukaupa sademete summad mm; Temp – kuukaupa keskmised temperatuurid °C)

2.3. Arutelu

Käesolevas bakalaureusetöös on uuritud ilmastiku, kasvukoha ja liigi mõju lehistele radiaalsele juurdekasvule SA Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnast kogutud andmetel. Tulemustest selgub, et puuliigil antud andmete põhjal statistiliselt olulist mõju juurdekasvule pole. Samuti ei mõjuta kasvukoht olulisel määral puu aastast radiaalkasvu. See ei pruugi tähendada, et mõju pole liigiti või kasvukohati, vaid töös kasutatud andmemahd võib olla näiteks liiga väike. Sarnaseid uuringuid on tehtud varasemalt naabermaades, küll teiste liikidega ning kasvukoha mõju on tuvastatud. Järgnevalt uuritud juurdekasvu mõjutavad ilmastikutegurid erinesid mõneti kasvukohast sõltuvalt. Põllu- ja metsamaal mõjutab juurdekasvu positiivselt kõige enam kasvuaasta ning eelneva aasta sademed. Agali arboreetumis sademete mõju oluliseks ei osutunud, vaid positiivselt mõjus hoopis kasvuaasta juuli temperatuur. Samuti on nii põllumaal (mai, juuni) kui metsamaal (juuni) kasvavate puistute juurdekasvule olulist mõju avaldanud kasvuaasta alguse temperatuur.

Töö käigus saadud tulemused langevad osaliselt kokku varasemalt teistes balti riikides tehtud kliima mõju uurivate töödega (Vitas 2015; Jansons et al 2015), mille käigus leiti

statistiliselt oluline positiivne seos suviste sademete hulga ja juurdekasvu ning negatiivne seos temperatuuri ja juurdekasvu vahel. Antud uurimuses osutus temperatuur suveperioodil kahel proovialal (endine põllumaa ja Agali) hoopis positiivseks, mis võib olla põhjustatud nende alade liigniiskusest sellel perioodil ja soojade ilmade aurustumist võimendava mõjuga. Põhjusel, et ka Agali arboreetum on rajatud endisele põllumaale, saab järeldada, et põllumaad on põua suhtes vähem tundlikud. Kasvukohtades, kus sademed on peamiseks juurdekasvu positiivselt mõjutavaks asjaoluks võib järeldada, et peamiselt juurdekasvu limiteerivaks teguriks on suvine põud, mida sademete rohkus leevendab.

Hordo et al (2015) on oma uurimuses leidnud, et peamiseks lehiste kasvu limiteerivaks faktoriks on temperatuur, seda just eelneva aasta sügiskuudel ja kasvuperioodi alguses, kui esinevad äärmuslikud temperatuurid ja niiskusrežiimi muutused ning erinevusi juurdekasvule mõjuvates ilmastikuoludes täheldati ka eri lehiseliikide puhul.

Käesolevas töös kasutatud andmetel on temperatuuril samuti oluline negatiivne mõju juurdekasvule kahel juhul: 1) Agali arboreetumis kasvuaasta märtsis ja 2) metsamaal kasvule eelneva aasta septembris, kasvuperioodi lõpus. Negatiivset seost juurdekasvule kasvuaasta märtsis on täheldanud ka Kannimäe (2015), mis on põhjustatud madalatest temperatuuridest märtsikuu I poolel. Sellised erinevused saadud tulemustes on seletatavad seemnete päritolu erinevusest võrreldavates katsealades, sest puu juurdekasv on tugevasti mõjutatud seemnete pärilikest omadustest (Paves 2004).

Lehiste puhul on talvine temperatuur teisejärguline juurdekasvu mõjutaja, kuna lehised on võrreldes teiste kodumaiste puuliikidega küllaltki külmakindlad (Vitas 2015). Tõenäoliselt ei osutunud just seetõttu ka antud töös talvised külmad statistiliselt oluliseks teguriks.

Eestis on enimlevinud puuliigiks harilik mänd (*Pinus Sylvestris*), mis kasvab metsade pindalast 31,1% (Aastaraamat 2019). Mäni juurdekasvu Eesti aladel mõjutab peamiselt temperatuur (hilistalvine ja varakevadine) ja eelneva aasta sademete hulk kasvuperioodi lõpus. Ilmastiku mõju juurdekasvule on ka kasvukohast sõltuv (Metslaid 2017). Lehiste kasvu mõjutavad tegurid ja kronoloogiad sarnanevad rohkem hariliku kuusega kui hariliku mäni kasvukäiguga (Vitas, Žeimavičius 2010).

Tulemustest võib järeldada, et põllumaale rajatud kultuurid on talviste temperatuuride suhtes tundlikumad kui metsamaale rajatud katsealad. Hiliskülmade negatiivne mõju on näha Agali arboreetumi puhul (joonis 12) eelneva aasta märtsi kuus. Eelneva aasta septembrikuu

temperatuuri olulisus põllumaal kasvanud puistu puhul viitab tundlikkusele varakülmade suhtes.

Sademetest on kõige enam sõltuv endisele põllumaale rajatud katsealad, kus on sademetel juurdekasvule oluline roll eelneva aasta maist kuni kasvuaasta septembrini. Metsamaal osutusid sademed statistiliselt oluliseks kasvuaasta algul aprillist juunini, mis näitab, et suveperioodil on metsamaal lehised sademetest vähem sõltuvad. Veebruari sademete negatiivne mõju võib olla tingitud vähese lume tõttu lumesulamisvee puudusest, mis mõjutab kasvuaasta alguse juurdekasvu (Kajaste 2013).

Töös leitud tulemused võivad olla tingitud katsealade vahelistest erinevustest mullastikus ja niiskuse režiimis. Lehiste juurdekasvu mõjutav kliima erineb sõltuvalt liigist, kasvukohast, reljeefist ja teguritest mida vahel ei osata täheldada (Paves 2004). Üheks selliseks teguriks on juba toimunud ja tulevikus toimuvad keskkonna ja kliima muutused. Mändide puhul täheldatud kiirem kasvukiirus nooremates metsapõlvledes (Metslaid et al 2011) viitab ka võimalikule keskkonnamuutustest tingitud lehiste juurdekasvu kiirenemisele. Puude radiaalkasvu mõjutavate tegurite uurimine võimaldab ennustada puude juurdekasvu ka tuleviku muutunud kliimaoludes.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli lehiste juurdekasvu mõjutavate tegurite hindamine, uurides liigilise kuuluvuse, kasvukoha ja ilmastiku mõju. Töös kasutatavad andmed koguti SA Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnast Agali arboreetumist lõputöö autori ja juhendaja poolt ning projekti „Lehisepuistute kasvukäik ja majandamine Järveljal“ raames. Kokku kasutati töös 69 puursüdamiku andmeid, millest 30 puurproovi kogus töö autor välitööde käigus.

Agali arboreetumi lehised valiti uurimiseks põhjusel, et neid pole varasemalt dendrokronoloogilistel meetoditel uuritud. Arboreetum pakub häid võimalusi juurdekasvu mõjutavate tegurite hindamiseks, sest sealsed puistud on küllaltki ühevanuselised, asuvad sarnasel mullal ja reljeefil.

Kliimaanalüüsiks kasutati andmeid Järvelja ilmaseirepunktist ajavahemikus 1956-2018. Andmeanalüüsiks kasutati kalendrikuude lõikes temperatuuride keskmisi ja sademehulkade summasid. Andmeanalüüsis kasutati kokkulangevate aastate andmetel koostatud aegridasid. Agali arboreetumist kogutud andmete puhul oli ajaliseks vahemikuks 1977-2020 ning võrdlusmaterjalina kasutatavate andmete vahemik oli 1953-2014. Vanuse mõju aastarõngaste radiaalkasvule eemaldati kronoloogiate standardiseerimisel.

Andmete analüüsiks koostati eelnevalt ristdateeritud andmete põhjal indekseeritud kronoloogiad, mille põhjal koostati korrelatsioonimaatriks, et erinevate liikide aegridasid omavahel võrrelda. Analüüsist selgus, et mitmel juhul on kronoloogiate vaheline seos nõrk (korrelatsioonikordaja $< 0,3$). Erinevused liikide vahelistes kronoloogiates näitavad, et juurdekasvule mõjuvad liigiti erinevad tegurid nagu ilmastik, istutusmaterjali päritolu, haigused jm häiringud. Kuid need nimetatud faktorid vajavad suuremahulisema andmestiku peal täiendavaid uuringuid.

Dispersioonanalüüsi kasutades uuriti kasvukoha ja liigi mõju lehiste diameetri juurdekasvule, kuid antud andmetel juurdekasvule statistiliselt olulist mõju ei leitud.

Kliimategurite ja juurdekasvu vahelisi seoseid vaadeldi korrelatsioonanalüüsi kasutades kolme katseala kaupa eraldi, et tuvastada kasvukohale omased ilmastikumõjud. Analüüs viidi läbi R'i paketiga *treeclim*. Ilmastiku analüüsi käigus selgus, et põllu- ja metsamaal mõjutab juurdekasvu positiivselt kõige enam kasvuaasta ja sellele eelneva aasta sademed. Agali arboreetumis sademete mõju oluliseks ei osutunud, vaid positiivselt mõjus hoopis kasvuaasta juuli temperatuur.

Põllumaale rajatud katseala on kõige pikema perioodi vältel mõjutatud sademetest ja põuast. Statistiliselt olulisteks teguriteks on nii kasvu kui ka eelneva aasta sademed, kasvuaasta algusest kuni septembrikuuni ja eelneval aastal juulikuuni. Negatiivset mõju avaldavad septembrikuu varakülmad.

Metsamaal on samuti märke põua mõjust kasvuperioodil aprillist juunini. Mõjutavateks teguriteks on vahemiku aprill-juuni sademed, juunikuu temperatuuri negatiivne mõju juurdekasvule ja talviste sademete vähesus veebruaris, mõjutades sulamisvee kogust ja seeläbi juurdekasvu kasvuperioodi alguses. Kasvuaastale eelneval aastal on juurdekasvu positiivselt mõjutanud kasvuperioodile eelnev temperatuur oktoobris ja negatiivselt kasvuperioodi alguse sademed.

Agali arboreetumi katseala on antud töö tulemustel kõige vähem põuast mõjutatud. Kasvuaastal on suvised soojakraadid juuli kuus juurdekasvule positiivset mõju avaldanud, negatiivset mõju avaldas kasvuperioodile eelnevad temperatuurid märtsis. Kasvuaastale eelneval aastal mõjutas Agali katseala lehiseid positiivselt märtsi temperatuur ja negatiivselt septembri sademed. Sealsed puistud näitavad ülesse teistest katsealadest suuremat hellust vara- ja hiliskülmade suhtes.

Varasemate uurimuste tulemused erinevad üksteisest paljudel juhtudel, mis annab alust arvata, et lehiste kasvu mõjutavad lisaks ilmastikule paljud muud faktorid. Kasvukohast sõltuvalt avaldab erinevates kasvukohtades kasvavatele lehistele ka ilmastik erinevat mõju.

Suur juurdekasv ja vähene põua mõju Agali arboreetumis viitab sealses kasvukohas lehiste kasvuks sobilikele tingimustele Eesti oludes. Agali arboreetumi kasvukohta tuleks põhjalikumalt uurida, et teha kindlaks optimaalsed kasvutingimused. Tingituna muutustest keskkonnas võib lehiste kasvukiirus tulevikus veelgi kasvada. Tulevastes uurimustes tuleks kaasata rohkemal määral ja ka teistegi erinevate kasvukohtade andmeid. Lisaks on võimalik veel ka täpsemate tulemuste saamiseks uurida kasvukohtade mullastikutingimusi, päritolu ja

teisi juurdekasvu mõjutada võivaid tegureid. Lehiste uurimine on oluline selle kiirekasvulise puuliigi laialdasemaks kasutuselevõtuks Eesti metsanduses. Antud lõputöö on oluline hindamaks tegureid, mida tulevikus Eesti tingimustes lehiste kasvatamisel arvesse tuleks võtta. Juurdekasvu mõjutavate tegurite mõistmine aitab muutuvates kliimaoludes teha õigeid metsakasvatustlike valikuid. Töö käigus kogutud andmeid ja järeldusi on võimalik kasutada ka tulevastes võõrliikide juurdekasvu uurivates töödes.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aastaraamat Mets 2019. (2020). Tartu: Keskkonnaagentuur lk 78

Bunn, A., Korpela, M., Biondi, F., Campelo, F., Mérian, P., Qeadan, F., Zang, C., Buras, A., Cecile, J., Mudelsee, M., Schulz, M., Stefan, K., David, F., Ronald, V. (2021). Package 'dplR'. Dendrochronology Program Library in R. <https://cran.r-project.org/web/packages/dplR/dplR.pdf> (20.05.2021)

Danek, M.; Chuchro, M.; Walanus, A. (2018). Tree-Ring Growth of Larch (*Larix decidua* Mill.) in the Polish Sudetes - The Influence of Altitude and Site-Related Factors on the Climate–Growth Relationship. *Forests* 2018 (9), 663. <https://doi.org/10.3390/f9110663>

Erik, Ü. (2012). Eurojaapani lehis – kõige kiirekasvulisem okaspuu Eestis. Nr. 4. [e- ajakiri] http://www.loodusajakiri.ee/eesti_mets/index.php?id=288&id_a=1303&src=loe (19.05.2021)

Euroopa parlament (2021) Kliimapoliitika [veebileht]- <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/priorities/kliimapoliitika/20190926STO62270/mis-on-susiniku-neutraalsus-ja-kuidas-seda-saavutada-aastaks-2050> (19.05.2021)

Grissino-Mayer, H.D. (2001). Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57(2):205-221. <https://repository.arizona.edu/handle/10150/251654>

Hordo, M. (2019). Ristdateerimine. Loengukonspekt.

Hordo, M., Kängsepp, V., Kannimäe, T., Kask, P. (2015). Annual growth trends and response to weather of larch trees at Järvselja Training and Experimental Forest Center stands (Estonia). *Metsanduslikud Uurimused* 63, lk 111–129.

Hordo, M., Potapov, A. (2019). Standardiseerimine. Loengumaterjal.

Hordo, M. (2011). Dendroklimatoloogiliste meetodite kasutamine puistu kasvukäigu modelleerimisel. (Doktoritöö). Eesti Maaülikool metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu: lk 175

Hordo, M., Metslaid, S. (2019) **Dendrokronoogia. Loengumaterjal.**

Jansons Ā., Matisons R., Puriņa L., Neimane U., Jansons J. (2015). Relationships between climatic variables and tree-ring width of European beech and European larch growing outside of their natural distribution area. *Silva Fennica* vol. 49 no. 1 article id 1255. 8 p.

Jansons, Ā., Matisons, R., Šenhofa, S., Katrevičs, J., Jansons, Ā. (2016). High-frequency variation of tree-ring width of some native and alien tree species in Latvia during the period 1965–2009. *Dendrochronologia* 40 (2016) 151–158

- Kaart, T., Vallas, M.** (2015). Keskmiste mitmene võrdlemine, dispersioonanalüüs. Loengumaterjal.
- Kajaste, T.** (2013). Siberi lehise (*Larix sibirica* Ledeb.) kasvukäik Aidu karjääris ja kliima analüüs. (Magistritöö) Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu.
- Kannimäe, T.** (2015). Kliima mõju analüüs järvelja lehisepuistutes. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli metsandus- ja sotsiaalinstituut. Tartu
- Kasesalu, H.** (1999a). Agali arboreetum. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda 23 lk
- Kasesalu, H.** (1999b). Lehist kasvatamise tulemusi Järveljal. MU XXXI, 124-130.
- Kasesalu, H.** (2002). Eesti Mets Lehiseüllatus Eestist. http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/artikkel1708_1681.html
- Kasesalu II., Kiviste A.** (2001). The Kuril Larch (*Larix gmelinii* var. *Japonica* (Regel) Pilger) at Järvelja. Baltic Forestry 7(1): 59-66
- Länelaid, A.** (2017). Detektiivse dendrokronoloogia diskursus. Sirp. [e-ajakiri] <https://www.sirp.ee/s1-artiklid/c21-teadus/detektiivse-dendrokronoloogia-diskursus/>
- Eesti metsanduse arengukava aastani 2030 alusuuringu aruanne 2030.** (2018). Tartu: Eesti Maaülikool ja Tartu Ülikool. https://www.envir.ee/sites/default/files/mak2030_alusuuringu_aruanne.pdf (20.05.2021)
- Metslaid, S.** (2017.) Kliima mõju hindamine hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) kasvule Eestis. (Dokoritöö). Eesti Maaülikool metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu: lk 178
- Metslaid, S., Sims, A., Kangur, A., Hordo, M., Jõgiste, K., Kiviste, A., Hari, P.** (2011). Growth patterns from different forest generations of Scots pine in Estonia. J For Res (2011) 16:237–243
- Pau** (2014). Võõrpuud kasvasid pärandkultuuri osaks. Postimees. [e-ajakiri] <https://tartu.postimees.ee/2664234/voorpuud-kasvasid-parandkultuuri-osaks> (19.05.2021).
- Paves, H.** (2004). Lehis metsa- ja pargipuu. Tartu: OÜ Vali Press 160 lk
- R Core Team.** (2021). The R Project for Statistical Computing. [veebileht] <http://www.R-project.org/>. (20.05.2021)
- Relve, H.** (2007). Eesti kõrgeimaid puid selgitamas. Nr: 3. [e-ajakiri] http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel707_685.html Eesti mets 3/2007
- Remm, K., Remm, J., Kaasik, A.** (2012). Ruumiliste loodusandmete statistiline analüüs. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/26456> (20.05.2021)
- Rinntech.** (2021). Lintab. [veebileht] <http://www.rinntech.de/content/view/16/47/lang,english/index.html>
- Rinntech.** (2021). Tsap-Win. [veebileht] <http://www.rinntech.de/content/view/17/48/lang,english/index.html>
- Salminen, H., Jalkanen, R., Lindholm, M.,** (2009) Summer temperature affects the ration of radial and height growth of Scots pine in northern Finland. Ann For Sci 66:810
- Sander, H.** (2021). Dendrokronoloogia puurib läbi puude pilgu ajalukku. Sirp. [e-ajakiri] <https://sirp.ee/s1-artiklid/c21-teadus/dendrokronoloogia-puurib-labi-puude-pilgu-ajalukku/>

- Sander, H. Läänelaid, A.** (2006). Lehiseüllatus Eestist. Nr: 2006/10. [e-ajakiri]
http://eestiloodus.horisont.ee/artikkel1687_1681.html
- Sander, H, Läänelaid, A.** (2007). The Dunkeld larch (*Larix x marschlinsii* Coaz) in Estonia. Dendrobiology Vol 57, lk 73-80
- Sander, H., Meikar, T.** 2004. Exotic conifers in Estonian Forest Plantations. – Metsanduslikud Uurimused 40, 41–64. ISSN 1406-9954
- Zang, C., Biondi, F.** (2020). Package ‘treeclim’. Numerical Calibration of Proxy-Climate Relationships. [veebileht] <https://cran.r-project.org/web/packages/treeclim/treeclim.pdf> (20.05.2021)
- Tullus, H.** (2000). Natural and artificial afforestation of abandoned agricultural lands. *Agraarteadus*, 11(1), 22-27.
- Vitas, A., Žeimavičius, K.** (2010). Regional Tree-Ring Chronology of European Larch (*Larix decidua* Mill.) in Lithuania. *Baltic Forestry* 16 (2): 187-193.
- Vitas, A.** (2015). A Dendroclimatological Analysis of European Larch (*Larix decidua* Mill.) from Lithuania. *Baltic Forestry* 20(2): 65-72

LISAD

Lisa 1. Agali arboreetumi lehisepuistud



Joonis 1. Droonifoto Agali arboreetumist (Foto: autori erakogust)



Joonis 2. Droonifoto Agali arboreetumist (Foto: autori erakogust)



Joonis 3. Droonifoto Agali arboreetumist (Foto: autori erakogust)

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Raimond Press,
(29/08/1994 , 39408291514)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Järvselja lehiste radiaalkasvu võrdlus ja kliimaanalüüs, mille juhendaja on Maris Hordo,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 27.05.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)